

# 論文 炭酸化養生を行った環境負荷低減型コンクリートの環境影響評価

木村 彩永佳\*1・関 健吾\*2・取違 剛\*3・横関 康祐\*4

**要旨:** 建設産業において、CO<sub>2</sub>排出量および建設廃棄物排出量の削減は、今後一層推進することが望まれる。こうした状況を踏まえ、著者らはこれまでに、CO<sub>2</sub>排出量を大幅に低減することができるコンクリートを開発してきた。本研究では、このコンクリートの環境影響をさらに改善させた、即時脱型が可能なスランプ0cmの配合について、その品質を評価するとともに、実際の工事に適用した場合のCO<sub>2</sub>排出量および廃棄物リサイクル量を試算した。その結果、CO<sub>2</sub>排出量および廃棄物リサイクル量ともに向上し、環境影響を大きく改善できることを明らかにした。

**キーワード:** CO<sub>2</sub>排出量, 廃棄物リサイクル利用量, 即時脱型,  $\gamma$ -C<sub>2</sub>S, 石炭灰, 炭酸化

## 1. はじめに

我が国における温室効果ガス総排出量は、2009年以降増加傾向にあり<sup>1)</sup>、今後も増加することが予想されている。分野別に見ると、建設分野は、総排出量のうち約10%を占めている<sup>2)</sup>。今後は、高度経済成長期に建設された構造物の本格的な更新・補修および解体が見込まれるため、建設分野においてもCO<sub>2</sub>排出量はさらに増加することが予想される<sup>3)</sup>。

一方で、建設産業より排出される廃棄物量は今後、増加していくことが見込まれている<sup>4)</sup>。2011年度末時点における最終処分場の残余容量は1億1440万m<sup>3</sup>(残余年数見込み:19.4年)とされており<sup>5)</sup>、廃棄物排出量の抑制と共にリサイクルの強化が望まれる。

このような状況の中、産業副産物を有効活用し、CO<sub>2</sub>排出量の削減、あるいは、リサイクル率の向上を目指したコンクリートについて、多数の研究がなされている<sup>6)</sup>。著者らもこれまで、セメントの代替材料としてダイカルシウムシリケート $\gamma$ 相(以下、 $\gamma$ -C<sub>2</sub>S)ならびに産業副産物である石炭灰(原粉)や高炉スラグ微粉末を用い、さらに火力発電所由来の排気ガス中に含まれるCO<sub>2</sub>を用いて強制的に炭酸化させる(以下、炭酸化養生)ことで、環境負荷を低減できるコンクリートについて研究してきた<sup>7)</sup>。

土木学会では、土木構造物が経済的便益と環境便益にどのように貢献しているかが重要であると位置付けており、コンクリート製造や建設工事が環境に及ぼす影響を評価する手法を指針<sup>8)</sup>にて提案している。しかしながら、同指針に示される環境影響の評価事例は、実工事において建設機械や施工方法の変更による影響を評価したもののがほとんどであり、使用材料や配合の変更による影響を評価した事例は少ない。

そこで本研究では、生産性を高めつつ環境負荷を低減できる材料および配合について検討し、その品質および環境影響を評価した。その後、当該コンクリートを実工事に適用した場合について、CO<sub>2</sub>排出量および廃棄物リサイクル量を算出し、環境影響改善効果を評価した。

## 2. 環境影響を改善したコンクリートの品質評価

### 2.1 試験概要

#### (1) 使用材料および配合

使用材料を表-1に、検討対象としたコンクリートおよびモルタルの配合を表-2にそれぞれ示す。表-1および表-2において、スランプ8cmの標準配合(以下、標準-8)は、一般的なプレキャストコンクリートを参考

表-1 使用材料

使用材料	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	H	早強ポルトランドセメント 密度=3.14g/cm <sup>3</sup> , 比表面積=4,500cm <sup>2</sup> /g
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末, 密度=2.91g/cm <sup>3</sup> , 比表面積=4,400 cm <sup>2</sup> /g
	$\gamma$	ダイカルシウムシリケート $\gamma$ 相( $\gamma$ -C <sub>2</sub> S), 密度=2.85g/cm <sup>3</sup> , 比表面積=3,000cm <sup>2</sup> /g
	F	石炭灰(原粉), 密度=2.20g/cm <sup>3</sup> 強熱減量=3.7%
細骨材	S1	砕砂(0.15~5mm) 表乾密度=2.58g/cm <sup>3</sup> , F.M.=2.48
	S2	砕砂(2.5~5mm) 表乾密度=2.67g/cm <sup>3</sup> , F.M.=5.00
	S3	山砂(0.15~5mm) 表乾密度=2.60g/cm <sup>3</sup> , F.M.=1.73
粗骨材	G	碎石(Gmax=20mm) 表乾密度: 2.64g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 63.6%
混和剤	SP	ポリカルボン酸系化合物

\*1 鹿島建設(株) 技術研究所土木材料グループ研究員 (正会員)

\*2 鹿島建設(株) 技術研究所土木材料グループ研究員 修士(工学) (正会員)

\*3 鹿島建設(株) 九州支店 修士(工学) (正会員)

\*4 鹿島建設(株) 土木管理本部土木技術部要素技術開発グループ長 博士(工学) (正会員)

表-2 コンクリートおよびモルタルの配合

ケース	配合種類	目標スランプ (cm)	W/P※1 (%)	W/B※2 (%)	s/a (%)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
							W	H	BFS	γ	F	S1	S2	S3	G
標準-8	標準配合	8.0	40.0	40.0	41.0	4.5	164	410	-	-	-	699	-	-	1,029
環境-8	環境負荷低減型配合		48.0	60.0	39.8		167	84	111	84	69	418	-	265	1,052
標準-0	標準配合	0.0	28.0	28.0	100.0		120	432	-	-	-	1,032	795	-	-
環境-0	環境負荷低減型配合		30.0	65.0			118	55	73	55	212	1,020	757	-	-

※1 : P=H+BFS+γ+F ※2 : B=H+BFS+γ

とし、セメントは早強ポルトランドセメントとした。次に、スランプ 8cm の環境負荷低減配合（以下、環境-8）は、著者らがこれまでに検討を行ってきた配合であり、セメントの代替材料として高炉スラグ微粉末、γ-C<sub>2</sub>S および石炭灰を用いている。なお、γ-C<sub>2</sub>S は、CO<sub>2</sub> と直接反応して硬化するという特徴を有する。

プレキャストコンクリート工場では、生産性の向上を目的として、蒸気養生等の促進養生を実施している場合が多い。また、製造できる製品種類は限られるものの、即時脱型方式（型枠へ打ち込んだ材料を練混ぜ後すぐに加圧・振動により成形し、ただちに脱型するもの）による製造が実施されている場合もある。即時脱型方式による製造を可能とするには、脱型直後のコンクリートに自立性を付与するため、単位粉体量を確保しつつ単位水量を低減した、スランプ 0cm の超硬練りモルタルが用いられる。即時脱型方式に使用されるスランプ 0cm の標準配合（以下、標準-0）の配合条件を、表-2 の標準-0 に示す。標準配合では、単位粉体量を確保するために極端に低水セメント比の配合としている場合が多く、JIS A 5371（プレキャスト無筋コンクリート製品）にて規定される設計基準強度である 18N/mm<sup>2</sup> あるいは 24N/mm<sup>2</sup> に対して、必要以上の強度を有している可能性がある。そこで、JIS A 5371 に規定される設計基準強度を満足できる範囲で、生産性および環境影響の両者を改善することを目的として、環境-8 の配合に対して、水結合材比は同等として、石炭灰を結合材の外割置換したスランプ 0cm の環境負荷低減型配合（以下、環境-0）について検討を行った。

(2) 養生条件

養生条件を図-1 に示す。標準-8 は、蒸気養生後に脱型し、20℃・60%RH で 13.4 日間気中養生した。蒸気養生条件は、コンクリート標準示方書【施工編】<sup>9)</sup>（以下、施工編）に従い、練混ぜ・成型後の前置き時間は 2 時間（20℃）とし、昇温勾配は 20℃/h、最高温度 65℃ で 3 時間保持した後に、5℃/h で降温した。一方で、環境-8 は、20℃環境下で封かん養生を 2 日間実施した後に、50℃・40%RH・CO<sub>2</sub> 濃度 20% で、材齢 14 日まで炭酸化養生を実施した。標準-0 は、即時脱型後に、標準-8 と同一条件で蒸気養生を実施し、その後は 20℃・60%RH で材齢 14

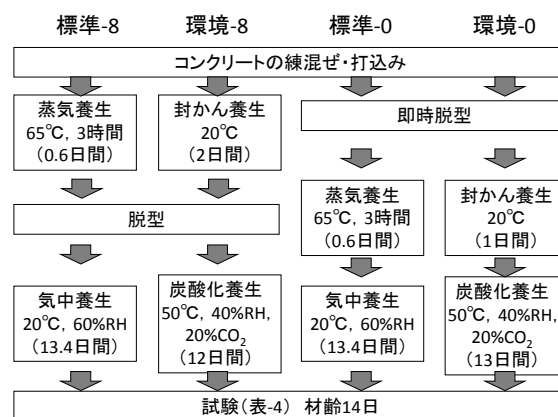


図-1 養生条件

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	対象ケース	材齢(日)	試験方法
圧縮強度	全ケース	14	JIS A 1108 に準拠
中性化深さ	全ケース	5, 14	JIS A 1152 に準拠
CO <sub>2</sub> 固定量	環境-8 環境-0	14	クーロメータによる無機炭素分析

日まで気中養生を実施した。環境-0 は、即時脱型後に、20℃環境下で 1 日間封かん養生を実施し、前述の環境-8 と同一環境で、材齢 14 日まで炭酸化養生を実施した。

(3) 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表-3 に示す。試験材齢は、施工編に示されるプレキャストコンクリートの品質管理試験材齢に従い、材齢 14 日とした。

中性化深さは、所定の養生を終了した供試体（φ 100×200mm）を割裂し、1%フェノールフタレイン溶液を用いて測定した。

CO<sub>2</sub> 吸収量は、所定の養生を終了した供試体について、炭酸化した箇所から試料を採取し、試験に供した。試験は、無機炭素分析装置（クーロメータ）にて、試料単位質量あたりに含まれる無機炭素質量を測定した後に、試料の密度を勘案して硬化体 1m<sup>3</sup> 中に「固定された CO<sub>2</sub> 量」を求めた。さらに、文献<sup>8),10)</sup>に示される構成材料の CO<sub>2</sub> 排出量原単位を用いて、各材料の単位使用量から「材料由来の CO<sub>2</sub> 排出量」を算出した。構成材料の CO<sub>2</sub> 排出量原単位を表-4 に示す。その後、「材料由来の CO<sub>2</sub> 排出量」から「固定された CO<sub>2</sub> 量」を差し引いて総 CO<sub>2</sub> 排出量を

算出した。

## 2.2 試験結果

### (1) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-2 に示す。いずれの配合も、プレキャスト無筋コンクリートの設計基準強度である、 $18\text{N/mm}^2$ あるいは $24\text{N/mm}^2$ を満足した。ただし、標準-8および標準-0は、それぞれ $35.0\text{N/mm}^2$ および $39.0\text{N/mm}^2$ であり、JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)に規定される呼び強度で換算すると、3~4 ランク高く、必要以上に高い強度を有していると言える。この要因として、生産性を向上するための様々な工夫によるものと考えられるが、特に標準-0は、即時脱型可能なスランブ0cmの配合とする際に、材料分離抵抗性を確保するための増量材としてセメントを使用し、水セメント比を低減していることが考えられる。

一方で、本研究における環境-0の圧縮強度は $28.6\text{N/mm}^2$ であり、適切な強度を有していると言える。これは、水結合材比は環境-8と同等とした上で、産業副産物である石炭灰を結合材の外割で置換することで単位粉体量を確保していることによる。したがって、環境-0は、適切な強度を有しつつ即時脱型方式によって生産性を向上できるだけでなく、さらに産業副産物を有効利用して環境負荷を低減できるものと考えられる。

### (2) 中性化速度係数

中性化試験結果から算出した中性化速度係数を図-3 に示す。図中には各配合の供試体を気中養生した後に、炭酸気養生 ( $50^\circ\text{C}$ ,  $40\%\text{RH}$ ,  $20\%\text{CO}_2$ ) した場合の結果、および環境-8の配合条件からGのみを除いたモルタル (以下、環境-8のモルタル)の結果を併記した。なお、環境-8および環境-0については、材齢14日時点で全面中性化していたため、材齢5日における中性化深さから中性化速度係数を算出した。

ここで、配合の違いが、中性化速度に及ぼす影響を考察する。図より、環境-8の中性化速度係数は $14.2\text{mm}/\sqrt{\text{日}}$ であり、標準-8と比較して約5倍の値であった。これは、既往の文献<sup>11)</sup>に示されるとおり、環境負荷低減型配合は $\text{CO}_2$ と積極的に反応する $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ を用いていること等が理由として考えられる。次に、環境-0 (スランブ0cmのモルタル配合)は環境-8 (スランブ8cmのコンクリート配合)の約1.5倍の中性化速度係数であった。ここで、環境-0が環境-8よりも中性化速度が大きい要因について考察する。両配合における主な相違は、単位セメント量、粗骨材の有無、細骨材の粗粒率 (以下、F.M.)、スランブ (単位水量)である。既往の文献によると、同一水セメント比のコンクリート配合とモルタル配合で比較すると、モルタル配合の方が中性化速度は小さい<sup>12)</sup>。図-3に示すとおり、本研究においても、環境-8のモルタル配

表-4  $\text{CO}_2$ 排出量およびリサイクル量の原単位<sup>8)</sup>

材料	$\text{CO}_2$ 排出量 ( $\text{kg}\text{-CO}_2/\text{ton}$ )	リサイクル量 ( $\text{wet}\text{-kg}/\text{ton}$ ) <sup>※1</sup>
普通ポルトランドセメント	766.6	148
高炉スラグ微粉末	26.5	—
石炭灰	0	1,000
$\gamma\text{-C}_2\text{S}$	$159.3^{10)}$	$(740)^{※2}$
細骨材	3.7	—
粗骨材	2.9	—

※1: wet-kg: 湿重量

※2: 参考値として材料に含まれる副生水酸化カルシウムの量を示すが、今回の試算では考慮しない

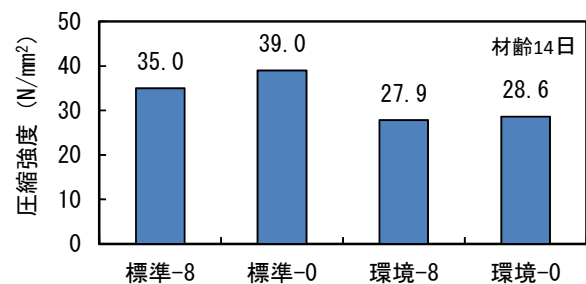


図-2 圧縮強度の比較

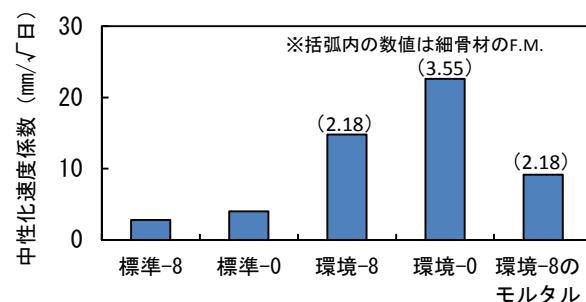


図-3 中性化速度係数

合の中性化速度は、環境-8のコンクリート配合よりも小さい。また、スランブの大小が中性化速度に与える影響は小さいことも報告されている<sup>12)</sup>。このことから、環境-0の中性化速度が大きい要因は、単位セメント量および細骨材のF.M.にあると推察される。既往の研究<sup>13)</sup>においても、F.M.が大きくなると、中性化速度は大きくなることが報告されていることから、細骨材の粒度分布が異なることによって、空隙構造が変化し、その結果、細骨材周りの遷移帯量、屈曲率、細骨材による遮蔽効果等の影響が複合的に作用したものと考えられる。

### (3) 総 $\text{CO}_2$ 排出量

各配合における材料由来の $\text{CO}_2$ 排出量および固定量を考慮した総 $\text{CO}_2$ 排出量の算出結果を図-4に示す。図より、標準-8および標準-0の総 $\text{CO}_2$ 排出量は、それぞれ $320\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $352\text{kg}/\text{m}^3$ であった。これは、 $\text{CO}_2$ 排出量原単位の大きいセメントを多量に使用しているためである。一方で、環境-8および環境-0の総 $\text{CO}_2$ 排出量はそれぞれ $-23\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $-39\text{kg}/\text{m}^3$ と負の値であり、材料由来の $\text{CO}_2$ 排

出量よりも固定量の方が多結果となった。これは、セメントの代替材料として、高炉スラグ微粉末、 $\gamma$ - $C_2S$ および石炭灰を使用することで材料由来の $CO_2$ 排出量を大幅に低減していることに加えて、強制的に炭酸化することで硬化体中に多量の $CO_2$ を固定させているためと考えられる<sup>10)</sup>。また、環境-0は、環境-8よりも総 $CO_2$ 排出量が少ない結果となった。これは、即時脱型可能なスランプ0cmの配合とするために、増量材として、セメントではなく石炭灰を使用することで、材料由来の $CO_2$ 排出量を低減しているためと考えられる。

#### (4) 廃棄物リサイクル量

本研究における各配合の廃棄物リサイクル量を、図-5に示す。なお、リサイクル量を評価する際は、産業廃棄物と産業副産物に区別される場合もあるが、ここでは、文献<sup>8)</sup>に基づき、産業廃棄物を対象とした。廃棄物リサイクル量は、文献<sup>8)</sup>中に示される廃棄物リサイクル量原単位(表-4)を用いて、各材料の単位量から算出した。

標準配合は配合によらず、同等の廃棄物リサイクル量であった。一方で、環境負荷低減型配合について、即時脱型可能な配合(環境-0)の廃棄物リサイクル量は、スランプ配合(環境-8)の約3倍であった。これは、標準配合ではコンクリートを即時脱型可能な配合とする際に単位セメント量を増大しているのに対し、環境負荷低減型配合では、単位石炭灰量を増加していることによる。

#### (5) 環境影響の評価

各配合の $CO_2$ 排出量削減効果と廃棄物リサイクル量の関係を図-6に示す。なお、図中には標準-8および標準-0について、単位水量一定のもと、使用セメントを早強セメントから高炉セメントB種に全量置換(質量一定)した場合について試算した結果(それぞれ標準-8BB、標準-0BBと称す。)を併記した。 $CO_2$ 排出量削減効果は、本研究において総 $CO_2$ 排出量が最も多かった標準-0と各配合の総 $CO_2$ 排出量の差とした。図中の右上に位置するほど、環境影響の改善効果が高いことを意味する。図より、標準-8および標準-0と比較して、標準-8BBおよび標準-0BBの方が $CO_2$ 排出量削減効果は高くなるものの、廃棄物リサイクル量は減っている。これは、高炉セメントB種を使用して単位ポルトランドセメント量が低減されたことにより、セメント由来の $CO_2$ 排出量が少なくなった一方で、セメント由来の廃棄物リサイクル量が減少したためである。なお、高炉スラグ微粉末の廃棄物リサイクル量原単位は、表-4に示すとおり0wet-kg/tonである。一方で、環境-8および環境-0は高い $CO_2$ 排出量削減効果を有していることが分かる。さらに、環境-0は、廃棄物リサイクル量も高い水準にあり、 $CO_2$ 排出量削減性および廃棄物リサイクル性の双方に優れた、環境影響改善効果の高い配合と言える。なお、産業廃棄物と産業副

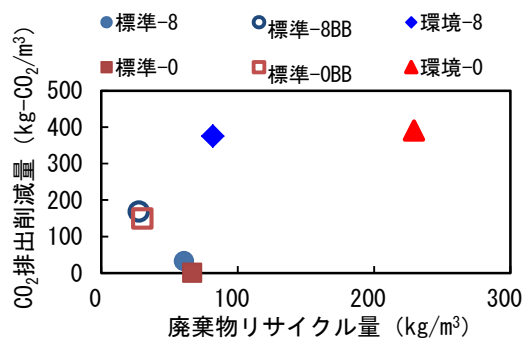
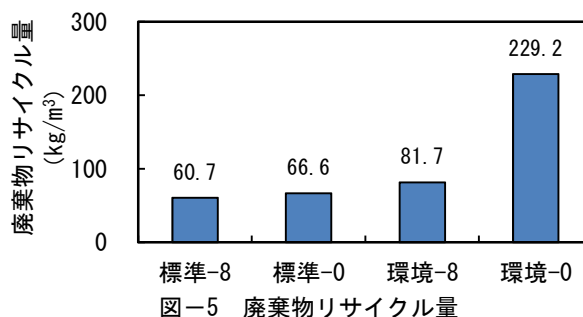
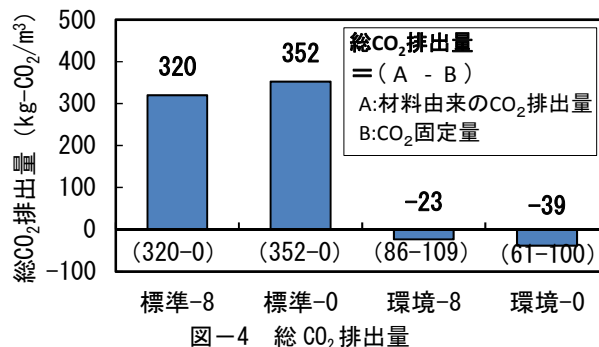


図-6  $CO_2$ 排出量削減効果と廃棄物リサイクル量の関係

産物の両者を対象として、算出した場合の廃棄物リサイクル量は、標準-0BBでは194kg/m<sup>3</sup>、環境-0では285kg/m<sup>3</sup>となり、廃棄物リサイクル量は増大する結果となった。

### 3. 工事に適用した場合の環境影響評価

本章では、前章の試験結果を踏まえ、標準-8と環境-0を実工事に適用した場合について、 $CO_2$ 排出量と廃棄物リサイクル量を試算し、環境影響を評価した。

#### 3.1 検討条件

適用工事の条件を表-5に示す。検討対象は、大規模太陽光発電所(以下、メガソーラー発電所)の新設工事のうち、太陽光パネル基礎ブロックの設置工事とした。発電出力は、2013年時点で建設予定のメガソーラー発電所のうち、最大級の8,000kWとした。

#### 3.2 $CO_2$ 排出量の試算

メガソーラー発電所工事のうち、太陽光パネル基礎ブロックの設置工事における総 $CO_2$ 排出量を算出するために、まず基礎ブロックの製造と運搬に伴う $CO_2$ 排出量を算出した。その後、建設工事に伴う $CO_2$ 排出量を算出し、

表-5 適用工事の条件

分類	項目	条件	
		標準-8	環境-0
工事概要	工事対象物	メガソーラー発電所	
	使用コンクリート製品	太陽光パネル基礎ブロック	
太陽光 パネル基礎 ブロック	ブロック寸法	2.0m×0.4m×0.5m	
	使用ブロック数量	11,000 個	
	コンクリート使用量	4,400m <sup>3</sup> (0.4m <sup>3</sup> ×11,000 個)	
	練混ぜ方法	コンクリートミキサ (2.5m <sup>3</sup> ) を使用 (0.6kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) ※ <sup>1</sup>	
	締固め方法	棒状バイブレータ (0.2kg-CO <sub>2</sub> /h) ※ <sup>3</sup>	CV-10 型全自動成形機 (3.7kW×4 台) (6.0kg-CO <sub>2</sub> /h) ※ <sup>3</sup>
	養生方法	蒸気養生→気中養生	気中養生→炭酸化養生
	運搬方法	トラック (ディーゼル, 10t) (2.7kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) ※ <sup>3</sup>	
	運搬	工場 ↓10km 納入場所	工場 ↓10km 炭酸化養生 ↓10km 納入場所

※1 : CO<sub>2</sub> 排出量原単位<sup>8)</sup>

両者を合計することとした。

(1) 基礎ブロックの製造と運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量

基礎ブロックの製造と運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、使用材料の製造、基礎ブロックの製造、基礎ブロックの運搬のそれぞれに伴う CO<sub>2</sub> 排出量を算出し (A)、その後、硬化体中の CO<sub>2</sub> 固定量 (B) を差し引く (A-B) ことで求めた。また、製造は練混ぜ・締固め・養生を考慮した。なお、製造と運搬における CO<sub>2</sub> 排出量原単位は文献<sup>8)</sup>に示される値を用いた。また、環境-0 の基礎ブロックは養生後、全面炭酸化しているものと仮定した。1m<sup>3</sup>あたりの算出結果を表-6 に示す。表より、CO<sub>2</sub> 排出量は、標準-8 で 361.8kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>、環境-0 で-33.5kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>であり、製造過程を考慮しても、環境-0 の CO<sub>2</sub> 排出量は負の値となることを確認した。

(2) 建設工事に伴う CO<sub>2</sub> 排出量

土木工事における施工高あたりの CO<sub>2</sub> 排出量原単位は、60,344kg-CO<sub>2</sub>/億円である<sup>14)</sup>。た

だし、ここには材料由来の CO<sub>2</sub> 排出量は考慮されていない。また、太陽光発電所の建設工事費用単価は、文献<sup>15)</sup>を参考に 28 万円/kW とした。したがって、建設工事に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、建設工事費用単価 (28 万円/kW) × 太陽光発電の発電出力 (8000kW) × 施工高あたりの CO<sub>2</sub> 排出量原単位 (60,344kg-CO<sub>2</sub>/億円) となり、本建設工事に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、配合によらず 1352t-CO<sub>2</sub> となる。

(3) CO<sub>2</sub> 削減量の評価

工事全体の基礎ブロックの製造と運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量を図-7 に示す。標準-8 は 1592t-CO<sub>2</sub>、環境-0 は-147 t-CO<sub>2</sub> となった。前述のとおり、建設工事に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、配合によらず 1,352t-CO<sub>2</sub> である。すなわち、CO<sub>2</sub> 排出量の合計は、標準-8 の場合は 2944t-CO<sub>2</sub>、環境-0 の

表-6 基礎ブロックの製造と運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量

項目		標準-8	環境-0	
A : CO <sub>2</sub> 排出量 (kg/m <sup>3</sup> )	使用材料	320.0	61.0	
	製造	練混ぜ	0.6	
		締固め	0.0	0.1
		養生	38.5	0.0
運搬	2.7	5.4		
B : CO <sub>2</sub> 固定量 (kg/m <sup>3</sup> )		0.0	100	
合計 (A-B)		361.8	-39.0	

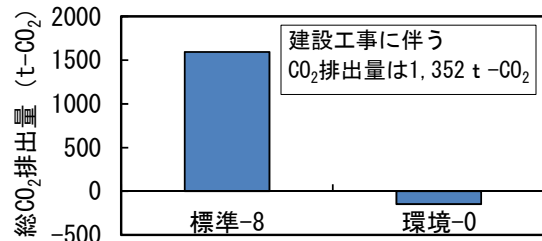


図-7 基礎ブロックの製造・運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量 (工事全体)

場合は 1,205t-CO<sub>2</sub> となる。標準-8 を用いた場合は、合計の CO<sub>2</sub> 排出量のうち、半分以上を工事全体の基礎ブロックの製造と運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量が占めている。環境-0 を用いた場合は、標準-8 を用いた場合と比較して、太陽光パネル基礎ブロック設置工事における CO<sub>2</sub> 排出量を約 59%削減できるという結果となった。

3.3 廃棄物リサイクル量の試算

前述の試験結果より、配合 1m<sup>3</sup> 当たりの廃棄物リサイクル量は、標準-8 の場合は 60.7kg/m<sup>3</sup>、環境-0 の場合は 229.2kg/m<sup>3</sup> である。これに工事全体のコンクリート使用量を乗じて、基礎ブロック設置工事に伴う廃棄物リサイクル量を算出した。その結果、廃棄物リサイクル量は、

標準-8 の場合は 267t、環境-0 の場合は 1,008t という結果となった。したがって、本研究で行った条件に基づく、標準-8 を用いた場合に対して、環境-0 を用いた場合は、一つの工事で約 741.4t 減少できる結果となった。

### 3.4 環境影響試算のまとめ

我が国のエネルギー供給政策として、想定シナリオにもよるが、2020年までに2626万～5200万kWの太陽光発電が見込まれている<sup>16)</sup>。仮にこれらに用いる太陽光パネル基礎ブロックを全て環境-0で製造した場合、前述の計算にのっとれば、CO<sub>2</sub>排出量は約243万～484万t削減できる。なお、CO<sub>2</sub>排出量484万t-CO<sub>2</sub>は、約100万世帯が1年間に排出する量に相当(1世帯の1年間のCO<sub>2</sub>排出量は文献<sup>17)</sup>を参考にした。)する。また、廃棄物リサイクル量は120万～239万t増加することができる。

## 4 結論

本研究の範囲において、以下の知見が得られた。

- 1) 環境負荷低減配合を即時脱型可能な配合とすることにより、炭酸化速度および廃棄物リサイクル量を大きく向上することができる。
- 2) スランプ0cmの環境負荷低減コンクリートを実工事に適用した場合について、試算により、CO<sub>2</sub>排出量を削減しつつ廃棄物リサイクル量を向上させることができ、環境影響を大きく改善できる示唆を得た。
- 3) さらに、スランプ0cmの環境負荷低減コンクリートを2020年までに見込まれている全ての太陽光発電のパネル基礎ブロックに適用した場合、最大CO<sub>2</sub>排出量を484万t削減し、廃棄物リサイクル量を239万t削減することができる可能性を試算より得た。

謝辞：本研究の実施にあたり、中国電力株式会社 吉岡一郎氏、電気化学工業 盛岡実氏をはじめとする多くの皆様に多大な御協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 環境省, [http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2012\\_sokuho\\_gaiyo.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2012_sokuho_gaiyo.pdf)
- 2) 日本建設機械化協会：建設施工における地球温暖化対策の手引き, p.3, 2003.7
- 3) 土木学会：コンクリート構造物の補修・解体・再利用におけるCO<sub>2</sub>削減を目指して、コンクリートライブラリー134, 2012
- 4) 国土交通省 建設廃棄物排出量の将来予測 <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/fukusanbutsu/genjo/yosoku.pdf>
- 5) 環境省 一般廃棄物の排出及び処理状況等(平成23年度)について, [http://www.env.go.jp/recycle/waste\\_te](http://www.env.go.jp/recycle/waste_te)

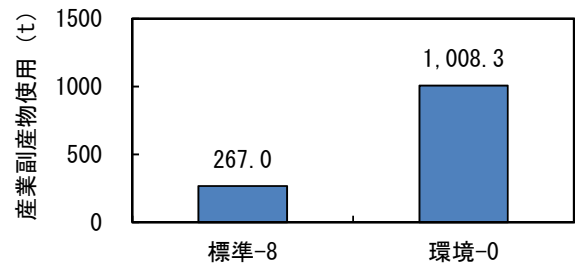


図-8 廃棄物リサイクル容量

ch/ippan/h23/data/env\_press.pdf

- 6) 玉井元治, 水口裕之, 出村克宣, 岡本享久：エココンクリート研究委員会報告, Vol18, No.1, pp.19-28, 1996
- 7) 取違剛, 横関康祐, 吉岡一郎, 盛岡実：炭酸化養生を行ったコンクリートのCO<sub>2</sub>収支ならびに品質評価, コンクリート工学年次論文集, Vol3.4, No.1, pp.1450-1455, 2012
- 8) 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案), コンクリートライブラリー125, 2005
- 9) コンクリート標準示方書[施工編], 土木学会, 2012
- 10) 盛岡実, 山本賢司, 取違剛, 横関康祐：工業原料を用いたγ-2CaO・SiO<sub>2</sub>の製造とその二酸化炭素排出量の評価, セメント・コンクリート論文集, No.64, pp.29-33, 2010
- 11) 取違剛, 横関康祐, 盛岡実, 山本賢司：γ-2CaO・SiO<sub>2</sub>を混入して強制炭酸化したセメント系材料による環境負荷の低減, 第63回セメント技術大会講演概要集, pp.8-9, 2009
- 12) 鄭 載東, 平井 和喜, 三橋 博三：中性化速度に及ぼすコンクリートの調合及び細孔構造の影響に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol1, No.1, pp.31-73, 1990
- 13) 齊藤和秀, 木之下光男, 井原俊樹, 吉澤千秋：高炉スラグ細骨材を使用した耐久性向上コンクリートの性質, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.139-144, 2009
- 14) (一社)日本建設業連合会 2012年度CO<sub>2</sub>排出量調査報告書, [http://www.nikkenren.com/publication/pdf/94/2012\\_co2.pdf](http://www.nikkenren.com/publication/pdf/94/2012_co2.pdf)
- 15) 経済産業省 平成25年度調達価格検討用基礎資料, [http://www.meti.go.jp/committee/shotatsu\\_kakaku/pdf/08\\_02\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/shotatsu_kakaku/pdf/08_02_00.pdf)
- 16) 経済産業省 2013年以降の対策・施策に関する報告書, <http://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/main.pdf>
- 17) 環境省 家庭部門における2010年度(平成22年度)温室効果ガス排出量について, [http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=20923&hou\\_id=15892](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=20923&hou_id=15892)